

Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 02074817  
PUBLICATION DATE : 14-03-90

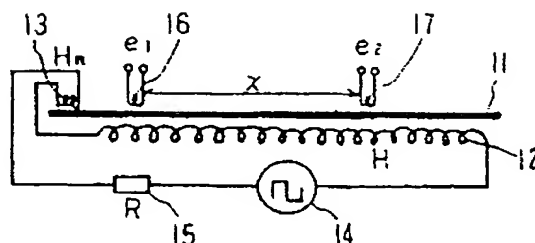
APPLICATION DATE : 09-09-88  
APPLICATION NUMBER : 63224759

APPLICANT : NIPPON STEEL CORP;

INVENTOR : SATO SHUN;

INT.CL. : G01B 17/02 G01D 5/48

TITLE : DISTANCE SENSOR



**ABSTRACT :** PURPOSE: To make it possible to perform non-contact type, highly accurate measurement by utilizing the uniform motion of a magnetic wall which is formed when a magnetic field larger than a critical magnetic field for forming an inverted magnetic domain with a magnetic-wall driving magnetic field being applied to an amorphous magnetic alloy thin wire indicating a large Barkhausen effect.

CONSTITUTION: An exciting coil 12 which applies a bias magnetic field H for driving is wound around an amorphous magnetic alloy thin wire 11 indicating a large Barkhausen effect. An exciting coil 13 for forming inverted magnetic domain  $H_n$  which is connected to the coil 12 in series is wound around at the end part. A square wave oscillator 14 is connected to an exciting power source in series through a resistor R 15. At the same time when, e.g. a bias magnetic field in the right direction is applied on the amorphous magnetostriction line 11 with the exciting coil 12, the magnetic wall which is formed with the exciting coil 13 is propagated rightward at the uniform speed. In this constitution, linearity is very excellent in the range of a long distance and a non-contact method is used. Therefore, highly reliable, excellent functions are displayed.

COPYRIGHT: (C)1990,JPO&Japio

EP 0484 716 A1

⑨ 日本国特許庁(JP)

⑩ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A) 平2-74817

⑪ Int. Cl.<sup>5</sup>

識別記号

庁内整理番号

⑬ 公開 平成2年(1990)3月14日

G 01 B 17/02  
G 01 D 5/48

A 8304-2F  
A 7015-2F

審査請求 未請求 請求項の数 3 (全5頁)

⑭ 発明の名称 距離センサ

⑮ 特 願 昭63-224759

⑯ 出 願 昭63(1988)9月9日

⑰ 発 明 者 毛 利 佳 年 雄 愛知県名古屋市千種区幸川町3-8

⑱ 発 明 者 佐 藤 駿 神奈川県川崎市中原区井田1618番地 新日本製鐵株式会社  
第1技術研究所内

⑲ 出 願 人 新日本製鐵株式会社 東京都千代田区大手町2丁目6番3号

⑳ 代 理 人 弁理士 矢 葺 知之 外1名

明 細 書

1. 発明の名称

距離センサ

2. 特許請求の範囲

1. 大バルクハウゼン効果を示すアモルファス磁性合金細線の長手方向に伝搬する磁壁の等速運動を利用することを特徴とする距離センサ。
2. 大バルクハウゼン効果を示すアモルファス磁性合金細線に磁壁駆動用磁界を印加しながら反転磁区形成臨界磁界より大きな磁界を付与するとき形成される磁壁の等速運動を利用し、複数の検出手段に誘起される信号の時間差により、検出手段間の距離を測定することを特徴とする距離センサ。
3. 磁壁駆動用磁界をアモルファス磁性合金細線に巻いたコイルに電流を流すことによって形成せしめるか、あるいはアモルファス磁性合金細線に直接通電することによって形成せしめることを特徴とする請求項2記載の距離センサ。

3. 発明の詳細な説明

[産業上の利用分野]

本発明は2点間の距離を非接触で測定する距離センサに関するものである。

[従来の技術]

従来の距離センサとしては、電気抵抗線、インダクタンス導線、若磁磁気テープ、レーザ光、磁歪波(弾性波、超音波)伝搬線などを利用した多くの方式がある。これらの方式は、それぞれに特徴を有しているが、実用上の欠点や経済性の問題もある。このため用途に応じて、各種性能(精度、信頼性、耐環境性、操作性、携帯性)やコストなどを勘案して、適当な方式が採用されるのが現状である。

[発明が解決しようとする課題]

しかし実用化されている方法において問題がないわけではない。

たとえば、電気抵抗線、インダクタンス導線、若磁磁気テープを用いる方法は低コストではあるが、接触式であるため信頼性や寿命に問題がある。

またレーザ方式は衝撃や振動に対して信頼性が低く、装置も大形で複雑となる。

さらに、磁歪波伝搬線を用いる方式は、ニッケル線やバイカロイ線、さらにアモルファス磁歪線の磁歪波伝搬の等速性を利用するもので非接触型が特長である。なかでもアモルファス磁歪線は磁歪波の減衰が小さいので1~2 mの比較的長い距離の距離センサとして利用できる。磁歪波伝搬方式は第2図に例示するように、磁歪波の発信と受信を兼ねた2個の磁気ヘッドあるいは検出コイルを磁歪波伝搬線3の長手方向の異なる位置に配置する。磁気ヘッド1の巻線にパルス電流を流すと、磁気ヘッド1に対向する磁歪線に磁歪波(弾性波)のパルスが発生する。磁歪波は音速で伝搬し、磁気ヘッド2に電気信号として検出される。発信から受信の遅延時間を計測することにより、磁気ヘッド1と2の間の距離を知ることができる。なお反射波を小さくするため両端には吸収体4を配設する。

この方式は非接触型で信頼性、寿命などの点か

壁の等速運動を利用し、複数の検出手段に誘起される信号の時間差により、検出手段間の距離を測定する距離センサである。

本発明の距離センサは従来の方法とは異なり、特殊な磁歪線において単一の磁壁が長い距離を等速伝搬するという新しい知見に基いている。

単一の磁壁が磁歪線に沿って伝搬する現象(大バルクハウゼン効果)ははじめSixtusとTonksによって発見された(K. J. Sixtus & L. Tonks, Physical Review vol.37 1931年 930頁)。彼らはパーマロイの線に張力をかけて大きな磁区(したがって磁壁の数の減少をもたらす)をつくることに成功した。磁壁のエネルギー密度 $\gamma_w$ は次の式に従い、

$$\gamma_w \propto \sqrt{\lambda_s \sigma}$$

( $\lambda_s$ :飽和磁歪定数、 $\sigma$ :張力)

張力の増加とともに増大するので、磁壁のエネルギーを下げるため磁壁の数が減少するのである。

Sixtusらは強い張力をかけた状態で、励磁コイルでバイアス磁界をかけて一方向に磁化を飽和さ

ら実用的にすぐれた方法であるが、次のような欠点があった。即ち、磁歪線の端部で生ずる反射波が正規の信号近傍に現われるため(第3図参照)精度を低下させる要因となること、また、磁歪波の伝搬速度がきわめてはよい(数千m/s)ため遅延時間を高精度で測定する必要があること、さらに $\Delta E$ 効果を通して外乱磁界による誤差の発生などの諸問題がある。

本発明は従来の距離センサに付随する諸問題を解決するため、これまで実用化されていない原理に基く、新しい距離センサを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段・作用】

本発明の距離センサは大バルクハウゼン効果を示すアモルファス磁性合金細線の長手方向に伝搬する磁壁の等速運動を利用した距離センサである。すなわち、より具体的に述べれば、大バルクハウゼン効果を示すアモルファス磁性合金細線に磁壁駆動用磁界を印加しながら反転磁区形成臨界磁界より大きな磁界を付与するとき形成される磁

せた後、磁界を反転し、別のコイルで反転磁区の発生に必要なパルス磁界をかけると、反転磁区とともに形成される単一の磁壁が磁歪線に沿って反転磁界の方向に伝搬する現象を見いだした。これを大バルクハウゼン効果と呼んでいる。

この磁歪線に沿って、検出コイル(あるいは磁気ヘッド)を2個配置すれば、2つのコイルに誘起されるパルス電圧の時間間隔を計測することによって磁壁の移動速度を測定できることは知られていた。磁壁移動速度 $v$ は、バイアス磁界を $H$ 、磁壁駆動臨界磁界を $H_0$ 。とするとき次の式で表わすことができる。

$$v = A (H - H_0) \quad \dots (1)$$

ここで $A = \frac{2 M_s}{\beta_e}$  ( $M_s$ :飽和磁化、 $\beta_e$ :渦電流制動係数)である。もし $H_0$ が磁歪線の任意の位置で一定値をもつならば、 $v$ は任意の位置で一定(すなわち等速運動)となる。

しかし、パーマロイやバイカロイなどの結晶質の磁歪線は結晶粒界や結晶欠陥などが存在し、一般に $H_0$ は場所により不規則分布となり、 $v$ と $H$

の直線性が悪い。また結晶粒界等は反転磁区形成核となって、1枚以上の磁壁が同時に伝搬し易くなるので、1枚の磁壁の伝搬距離は数cm以下である。このような理由から大バルクハウゼン効果を利用する距離センサはこれまで、実用化されたことはなかった。

本発明は、大バルクハウゼン効果を示すアモルファス磁性合金細線（以下アモルファス磁歪線と称する）において単一磁区の等速移動距離が50cm以上にも及ぶことを本発明者自らが初めて実験的に見出した知見に基いて完成されたものである。

第1図は本発明の距離センサの主要部の構成を示す。アモルファス磁歪線11には駆動用のバイアス磁界Hを印加する励磁コイル12が巻回され、それに直列に接続した反転磁区H。形成用励磁コイル13が端部に巻かれている。励磁用の電源には方形波発振器14を抵抗体R15を通して直列に接続される。

一方、検出部は2つの検出コイル16、17が未知

能である。

本発明の大バルクハウゼン効果を利用した距離センサの性能を左右する大きな要因はアモルファス磁歪線の材質である。本発明において用い得るアモルファス合金は、磁歪定数の大きな組成の合金であるFe基半金属系の合金が好適に用い得る。具体例として $\text{Fe}_{75}\text{Si}_{10}\text{B}_{15}$ （数字は原子％、以下同じ）、 $\text{Fe}_{80.5}\text{Si}_{8.5}\text{B}_{12}\text{C}_1$ などのFe-Si-B(-C)合金、 $\text{Fe}_{70}\text{Co}_{10}\text{Si}_{10}\text{B}_{12}$ 、 $\text{Fe}_{72}\text{Co}_{10}\text{Mo}_2\text{B}_{12}\text{C}_4$ などのFe-Co-Si-B(-C)合金を挙げることができる。しかしこれらに限定されるものではなく、磁歪定数の大きなアモルファス合金であればよい。

本発明で用いられるアモルファス磁歪線はいわゆる回転液中紡糸法によって作製されるアモルファス線材あるいは単ロール法、遠心急冷法、ダブルロール法で代表される液体急冷法で作製される細巾のアモルファスリボンである。

これらの線材あるいはリボンは均一化のため熱処理を施すことが望ましい。その際張力あるいはひねり（ねじり）応力を付与しながら熱処理する

の距離xを隔てて配置される。検出コイル16、17には磁壁の通過にともなう磁化の反転によって誘起されるパルス電圧が発生する。これを適宜の手段で検出すればよい。

次に本発明の距離を測定する原理を詳細に説明する。今、アモルファス磁歪線11は左方向（⊖方向）に磁化が飽和しているとする。次に⊖の方形波で励磁されるとき、右方向（⊕方向）のバイアス磁界が励磁コイル12によってアモルファス磁歪線11に印加されると同時に励磁コイル13によって形成された磁壁が右方向に等速で伝搬する。伝搬速度vは前記(1)式に示したように、バイアス磁界Hが一定であれば、原理的には一定値であるから前もってvとHの相関を求めておくことにより2つの検出コイル16、17に誘起されるパルス電圧 $e_1$ と $e_2$ の時間差 $\Delta t$ を用いて、未知の距離xは $v\Delta t$ として知ることができる。まゝ本発明において検出コイルの代りに磁気ヘッドを用いることができる。また駆動用励磁コイルの代りに磁歪線に直接通電する方法によって励磁することも可

と一層、均一化の効果が高まる。均一化処理は、磁壁の速度の等速性を向上させるためにきわめて有効である。アモルファス磁歪線がリボン状の場合、ロール巻きして熱処理することも均一化に効果があることが認められた。

熱処理したアモルファス磁歪線はそのまま固定せずに用いることもできるが、ひねり応力を付与した状態で用いると精度は一段と向上する。第5図はひねり応力の効果を例示している。用いたアモルファス磁歪線は回転液中紡糸法によって作製された直径120 $\mu\text{m}$ の $\text{Fe}_{70}\text{Si}_{17}\text{B}_{13}$ アモルファス合金線材を直径50 $\mu\text{m}$ に線引きした後、100kg/mm<sup>2</sup>の張力を付与しながら400℃で1min間熱処理したものである。この線材140cm、3本を各々次の3つの条件で使用した。

- ①ひねりなし
- ②2回ひねって固定
- ③10回ひねって固定

ただしいずれの条件においても、線材は励磁コイルを巻いた細いガラス管の中に挿入して用いてい

特開平2-74817 (4)

る。

駆動磁界に0.57 Oe、周波数1 Hzの方形波を用い、反転磁区形成磁界は1.5 Oeの同相の方形波である。第5図は2つの検出コイルの一方を固定し他方を移動させるとき、両者の間の距離xと磁壁の伝搬時間 $\tau$ （パルス間の時間差）の関係をプロットしたものである。第5図から3条件のうちx- $\tau$ の直線性が最もよいのは③の10回ひねりを与えた場合で、約70cmにも及ぶ長い距離で、x- $\tau$ のプロットが直線によく乗っていることが分る。

アモルファス磁歪線において駆動臨界磁界 $H_0$ は通常0.5 Oe程度であるので、地磁気など外部磁界の影響を受けることがある。このような場合、本発明では次のような平均操作をすることによって外乱磁界の影響を排除する。

外乱磁界 $H_{ex}$ が存在するとき、磁壁の移動速度を右方向 $v^+$ 、左方向 $v^-$ とすると、

$$v^+ = A (H - H_0 + H_{ex})$$

$$v^- = A (H - H_0 - H_{ex})$$

引きした後、100kg/mm<sup>2</sup>の張力を付与しながら400℃で1min間の熱処理を施した。この線材140cmを細長いガラス管に入れ、16回のひねりを入れ両端を固定した。このガラス管には磁壁駆動用励磁コイルが全長に巻いており、一端に反転磁区形成用励磁コイルが巻いてある。励磁には方形波の発振器を用いた。検出コイルは駆動コイルの外側に2個配置し、ガラス管に沿ってスライドさせることができるようにした。回路構成の主要部は第1図に示した通りである。

駆動磁界は、大きさが±0.57 Oe、周波数1 Hzの方形波で、反転磁区形成磁界は大きさ1.5 Oeの同相の方形波を用いた。

巾方向磁壁移動によるパルス間隔と巾方向磁壁移動によるパルス間隔の平均操作から求めた検出コイル間の距離xとメジャーで実測した距離Xとの直線性は10~90cmの範囲で0.1 %/FS（フルスケール）のすぐれた値を示した。

（実施例2）

単ロール法により作製した巾0.5 mm、厚さ20μm

と表わすことができる。したがって $v^+$ と $v^-$ の平均値 $v = \frac{1}{2} (v^+ + v^-) = A (H - H_0)$ は $H_{ex}$ に影響されないのである。平均操作の実施は、駆動磁界、反転磁区形成磁界をともに同相の方形波とすることによって達成できる。

本発明のアモルファス磁歪線を利用した距離センサは従来の磁歪波伝搬方式に比べて検出コイルに誘起される電圧のパルス波形は第4図に示すようにきわめて鋭くかつシンプルである。第3図に示した磁歪波の生ずるパルスのように複雑でなく、また反射波を伴わないので、信号処理がきわめて簡便になるという利点もある。さらに磁壁の移動速度は磁歪波伝搬速度に比べて少なくとも1桁遅いので、パルスの時間差計測の精度、したがって距離測定精度が大幅に向上する。

次に実施例をあげて説明する。

〔実施例〕

（実施例1）

回転液中紡糸法により作製した直径120 μmの $Fe_{70}Si_{17}B_{13}$ アモルファス合金線材を直径50μmに線

の $Fe_{72}Co_{10}Mo_2B_{12}C_4$ アモルファス合金リボンに100kg/mm<sup>2</sup>の張力を付与しながら360℃で30min間の熱処理を施した。このリボン140cmを細長いガラス管に入れ、10cm当り3回のひねりをリボン全長に与え、両端を固定した。その他の条件は実施例1と同じ条件とすると、検出コイル間の距離xとメジャーで実測した距離Xとの直線性は60 cmまで0.2 %/FSのすぐれた値を示した。

〔発明の効果〕

以上説明したように、本発明の距離センサは長い距離の範囲で直線性がきわめてすぐれ、非接触方式なので信頼性が高く、寿命の長い距離センサとしてすぐれた機能を発揮する。したがって本発明の距離センサは、大面積の座標読取り装置や身長計などに適用することにより、経済性を損なわずに、高性能化を図ることができる。

4.図面の簡単な説明

第1図は本発明の距離センサの主要部の構成を示す図、第2図は磁歪波を利用する従来の距離センサの構成を示す図、第3図は磁歪波による誘起

特開平2-74817 (5)

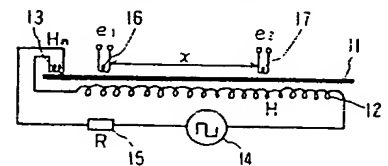
電圧のパルス形状を示す図、第4図は磁壁移動による誘起電圧のパルス形状を示す図および第5図は本発明において検出コイル間の距離 $x$ とその間の磁壁の伝搬時間 $\tau$ の関係を示す図、但し①はひねり応力なし、②ひねり応力2回/140cm、③ひねり応力10回/140cmで測定した結果である。

11…アモルファス磁歪線、12、13…励磁コイル、14…方形波発振器、15…抵抗体、16、17…検出コイル。

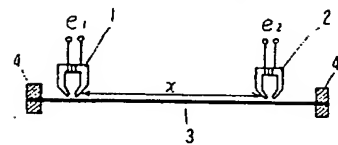
特許出願人 代理人

弁理士 矢 孫 知 之  
(ほか1名)

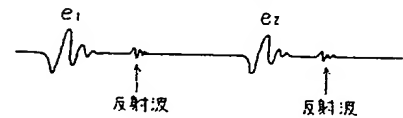
第1図



第2図



第3図



第4図



第5図

